

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-287857

(43)公開日 平成11年(1999)10月19日

(51) Int.Cl.⁶

G O I S 13/93
13/44

識別記号

FI

G O I S 13/93
13/44

審査請求 未請求 請求項の数6 O/L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平10-90092

(22)出願日 平成10年(1998)4月2日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市卜三夕町1番地

(72) 發明者 所 節夫

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

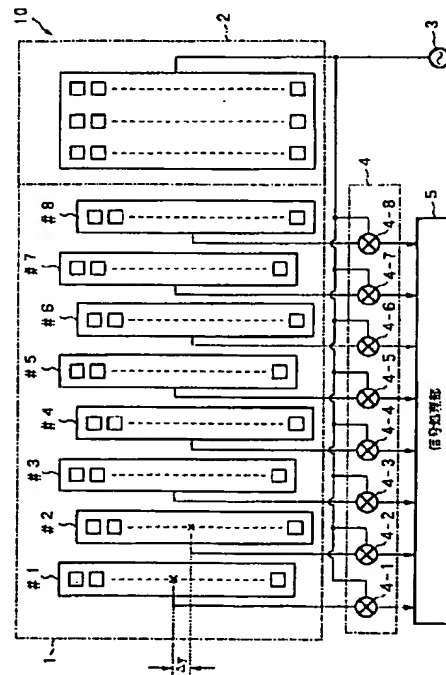
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外1名)

(54) 【発明の名称】 レーダ装置

(57) 【要約】

【課題】左右方向にアンテナパターンを走査するレーダ装置において、上下方向の方位も広い角度範囲で検出できる装置を提供すること。

【解決手段】 複数の素子アンテナが左右方向に配列されたアレーアンテナを有する受信アンテナと、この受信アンテナのアンテナバターンの左右方向の走査を電気的に行うことにより、この受信アンテナで受信した受信信号から左右方向の所定方位範囲内に存在する目標物の認識を行う信号処理部とを備えたレーダ装置において、素子アンテナの少なくとも一部が上下方向にずれて配置され、信号処理部は上下方向にずれた素子アンテナからの受信信号を用いて目標物の上下方向方位をモノパルス方式で検出することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の素子アンテナが左右方向に配列されたアレーアンテナを有する受信アンテナと、この受信アンテナのアンテナパターンの左右方向の走査を電気的に行うことにより、この受信アンテナで受信した受信信号から左右方向の所定方位範囲内に存在する目標物の認識を行う信号処理部とを備えたレーダ装置において、前記素子アンテナの少なくとも一部が上下方向にずれて配置され、

前記信号処理部は前記上下方向にずれた素子アンテナからの受信信号を用いて前記目標物の上下方向方位をモノパルス方式で検出することを特徴とするレーダ装置。

【請求項 2】 前記素子アンテナが交互に上下にずれて配列され、前記信号処理部は上側素子アンテナ群で受信した受信信号の合成結果と下側素子アンテナ群で受信した受信信号の合成結果とから前記目標物の上下方向方位をモノパルス方式で検出することを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 3】 前記信号処理部は、アンテナパターンの左右方向の走査を電気的に行う際に、上下にずれて配置された素子アンテナからの受信信号に対してそのずれ量を相殺する処理を施すことを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 4】 前記信号処理部は、上下にずれて配置された一組の素子アンテナからの受信信号を用いて前記目標物の方位をモノパルス方式で検出し、別の組み合わせによる一組の素子アンテナからの受信信号を用いて前記目標物の方位をモノパルス方式で検出し、両検出結果から前記目標物の左右方向の角度を相殺することにより前記目標物の上下方向の角度を算出することを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 5】 複数の素子アンテナが左右方向に配列されたアレーアンテナを有する第 1 受信アンテナと、複数の素子アンテナが上下方向に配列されたアレーアンテナを有する第 2 受信アンテナと、第 1 および第 2 受信アンテナからの受信信号に基づいて目標物の認識を行う信号処理部とを備え、前記信号処理部は、前記第 1 受信アンテナのアンテナパターンの左右方向の走査を電気的に行うことにより、左右方向の所定方位範囲内に存在する前記目標物の認識を行い、前記第 2 受信アンテナのアンテナパターンの上下方向の走査を電気的に行うことにより、上下方向の所定方位範囲内に存在する前記目標物の認識を行い、検出された目標物が複数の場合に左右方向の検出目標物と上下方向の検出目標物の同定を受信信号の強さに基づいて行うことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 6】 前記信号処理部は、検出された目標物が複数の場合には左右方向の検出目標物と上下方向の検出目標物の同定を距離または速度に基づいて行い、距離ま

たは速度が略一致している検出目標物が複数存在する場合に受信信号の強さに基づいて同定を行うことを特徴とする請求項 5 に記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電気的に走査を行うレーダ装置に関するものであり、特に、車載に適したレーダ装置に関するものである。

【0002】

10 【従来の技術】車載用レーダ装置は、車輛の前方を走行する車輛等を認識するために利用されることが多く、その場合、道路標識や案内板等のような路面に対する上下方向の位置が高いために障害物とはなり得ない物体を先行車輛と識別する必要がある。

【0003】このような要請に対して発明されたものとして、左右方向を機械的に走査して目標物を検出し、上下方向の方位をモノパルス方式で検出する車載モノパルスレーダ装置が特開平 9 - 2 8 8 1 7 8 号に開示されている。

20 【0004】この車載モノパルスレーダ装置によれば、モノパルス方式を用いて目標物の上下方向の方位を知ることができるので、路面からの距離が車輛よりも離れている道路標識や案内板等を車輛と区別することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、この従来技術では、機械走査式の複数の受信アンテナを上下に配列するものなので、上下の受信アンテナの間隔を狭くすることに限界がある。一方、モノパルス方式では、アンテナ間隔が大きいほど角度検出範囲が狭くなるという特徴を有する。したがって、上述の従来技術では上下方向の検出角度範囲を十分に確保できないという問題があった。

【0006】

30 【課題を解決するための手段】本発明のレーダ装置はこのような問題を解決するためになされたものであり、その一つは、複数の素子アンテナが左右方向に配列されたアレーアンテナを有する受信アンテナと、この受信アンテナのアンテナパターンの左右方向の走査を電気的に行うことにより、この受信アンテナで受信した受信信号から左右方向の所定方位範囲内に存在する目標物の認識を行う信号処理部とを備えたレーダ装置において、素子アンテナの少なくとも一部が上下方向にずれて配置され、信号処理部は上下方向にずれた素子アンテナからの受信信号を用いて目標物の上下方向方位をモノパルス方式で検出することを特徴とする。

40 【0007】素子アンテナの上下のずれ量は、目的に応じて適宜設計することが可能であり、特に、ずれ量を小さくすることに配置上の制約はない。このずれ量を小さくすればするほど、上下方向の角度検出範囲が広くなる。

【0008】素子アンテナの上下方向へのずらし方としては種々の態様があり、交互にずらしてもよいし、必要な素子アンテナのみを選択的に上下にずらしてもよい。

【0009】各素子アンテナからの受信信号を用いて、アンテナビームを左右方向に電気的に走査させる場合、上下方向にずらした素子アンテナからの受信信号に対してはそのずれ量に応じた補正を行うことが望ましい。

【0010】本発明の別のレーダ装置は、複数の素子アンテナが左右方向に配列されたアレーアンテナを有する第1受信アンテナと、複数の素子アンテナが上下方向に配列されたアレーアンテナを有する第2受信アンテナと、第1および第2受信アンテナからの受信信号に基づいて目標物の認識を行う信号処理部とを備え、信号処理部は、第1受信アンテナのアンテナパターンの左右方向の走査を電気的に行うことにより、左右方向の所定方位範囲内に存在する前記目標物の認識を行い、第2受信アンテナのアンテナパターンの上下方向の走査を電気的に行うことにより、上下方向の所定方位範囲内に存在する前記目標物の認識を行い、検出された目標物が複数の場合に左右方向の検出目標物と上下方向の検出目標物の同定を受信信号の強さに基づいて行うことを特徴とする。

【0011】このレーダ装置によれば、左右方向に走査する受信アンテナ（第1受信アンテナ）とは別に上下方向に走査する受信アンテナ（第2受信アンテナ）を備えているので、上下方向の角度検出範囲を自由に設定できる。

【0012】また、素子アンテナを二次元配列して上下左右に電気的に走査し、目標物の二次元位置を検出するレーダ装置に比べて走査処理量が少なく、装置の小型化を図ることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は本発明のレーダ装置の一実施形態を示す構成図である。このレーダ装置10は、連続波（CW）に周波数変調（FM）をかけた送信信号を用いるFM-CWレーダ装置であり、且つ、受信アンテナにおいてデジタル・ビーム・フォーミング処理を行うDBFレーダ装置である。このレーダ装置10は、自動車に搭載されるいわゆる車載用レーダ装置であり、前方を走行する車輛までの距離やその相対速度などを検知するものである。このレーダ装置の検知結果は、車輛走行の制御情報等に利用される。送信電波にはミリ波が用いられている。

【0014】受信アンテナ1は、左右方向（水平方向）に配列された8個の素子アンテナ#1～#8で構成されている。素子アンテナ#1～#8はそれぞれ複数のパッチアンテナを有し、各パッチアンテナは、素子アンテナ毎に一つの給電点に対してほぼ同一の線路長となるように接続されている。なお、本実施形態では各素子アンテナにおいてパッチアンテナが上下方向（垂直方向）に一列に配列されているが、2以上の列としてもよいし、そ

の他の配列であってもよい。

【0015】各素子アンテナの中心点は交互に上下方向にずれている。すなわち、素子アンテナ#1、3、5、7は上側素子アンテナ群を構成し、素子アンテナ#2、4、6、8は下側素子アンテナ群を構成しており、上側素子アンテナ群と下側素子アンテナ群とは上下に Δy の長さだけずれている。

【0016】送信アンテナ2は受信アンテナ1と同一平面上に設けられており、一つの給電点に接続する上下左右に配列された多数のパッチアンテナで構成されている。

【0017】この送信アンテナ2の給電点には中心周波数が f_0 （たとえば76GHz）の電圧制御型発振器3の出力端子が接続されている。電圧制御型発振器3は、図示省略した変調用の直流電源から出力される制御電圧によって、周波数 f_0 の搬送波に対して周波数変調幅 ΔF の三角波変調をかけた信号、すなわち周波数 $f_0 \pm \Delta F/2$ の被変調波（送信信号）を出力し、この被変調波は送信アンテナ2から電磁波として放射される。

【0018】ミキサ部4は、受信アンテナ1の各素子アンテナにそれぞれ接続する8個のミキサ4-1～4-8を備えている。各ミキサには電圧制御型発振器3からの送信信号の一部であるローカル信号が入力されており、それぞれの素子アンテナからの受信信号はこのローカル信号とミキシングされ中間周波数にダウンコンバートされる。このダウンコンバートにより、FM-CWレーダ装置におけるビート信号（送信信号と受信信号との差信号）が得られる。

【0019】信号処理部5は、ビート信号に対して高速フーリエ変換処理（FFT処理）およびデジタル・ビーム・フォーミング処理（DBF処理）を施すことにより、目標物を検出する。ここでは、DBF処理によりアンテナビームを左右方向に走査させて、目標物の距離および相対速度ならびに左右方向の方位を検出すると共に、目標物の上下方向の角度を位相モノパルス方式で求める。

【0020】ここで、本実施形態で適用する三角波変調FM-CW方式について、簡単に説明する。相対速度が零のときのビート周波数を f_r 、相対速度に基づくドップラ周波数を f_d 、周波数が増加する区間（アップ区間）のビート周波数を f_{b1} 、周波数が減少する区間（ダウン区間）のビート周波数を f_{b2} とすると、

$$f_{b1} = f_r - f_d \quad \cdots (1)$$

$$f_{b2} = f_r + f_d \quad \cdots (2)$$

が成り立つ。

【0021】したがって、変調サイクルのアップ区間とダウン区間のビート周波数 f_{b1} および f_{b2} を別々に測定すれば、次式（3）（4）から f_r および f_d を求めることができる。

【0022】

5

$$f_r = (f_{b1} + f_{b2}) / 2 \quad \dots (3)$$

$$f_d = (f_{b2} - f_{b1}) / 2 \quad \dots (4)$$

f_r および f_d が求まれば、目標物の距離 R と速度 V を次の (5) (6) 式により求めることができる。

【0023】

$$R = (C / (4 \cdot \Delta F \cdot f_m)) \cdot f_r \quad \dots (5)$$

$$V = (C / (2 \cdot f_0)) \cdot f_d \quad \dots (6)$$

ここに、 C は光の速度、 f_m は FM 変調周波数である。

【0024】本実施形態の信号処理部 5 では、図 2 のフローチャートに示すように、上側素子アンテナと下側素子アンテナとで別々に DBF 合成および目標物の検出を行い、その後、DBF 合成の結果から位相モノパルス方式で目標物の上下方向の角度を検出する。

【0025】図 2 において、まず、各素子アンテナ #1 ~ #8 における受信信号をダウンコンバートした素子アンテナ別すなわちチャネル別のビート信号を入力し、チャネル別にそれぞれ FFT 処理を施す (ステップ 21)。ここでの FFT 処理は、複素 FFT 処理であり、チャネル別ビート信号の周波数および位相が検出される。

【0026】つぎに、上側素子アンテナ #1、3、5、7 からのビート信号を FFT 処理した結果を利用して第 1 の DBF 合成 (A) を実行する。DBF 合成 (A) として、たとえば、左右にそれぞれ 10 度、合計 20 度の左右方向角度範囲を 20 分割するビーム合成を行う (ステップ 22)。

【0027】つぎに、DBF 合成 (A) の結果から、目標物の距離、相対速度および左右方向方位 (角度) を演算する。20 分割した各方位での距離および相対速度の演算は上述した (5) 式、(6) 式により求めることができる (ステップ 23)。

【0028】以上で上側素子アンテナ #1、3、5、7 による目標物の検出が完了し、つづいて、下側素子アンテナ #2、4、6、8 による目標物の検出を行う。検出処理は上側素子アンテナの場合と全く同じであり、はじめに DBF 合成を行い (この DBF 合成を DBF 合成 (B) と呼ぶ)、その結果を利用して目標物の距離、相対速度および左右方向方位 (角度) を演算する (ステップ 24、25)。

【0029】最後に、DBF 合成 (A) と DBF 合成 (B) の結果から、上下の角度を位相モノパルス方式で演算する (ステップ 26)。位相モノパルス方式による上下の角度検出は、20 分割したすべての方位に対して DBF 合成 (A) および (B) の結果を比較してもよいし、予め選択したいくつかの方位に対してこれを行ってもよい。また、所定条件を満たす目標物が検出された方位に対してのみ位相モノパルス処理を行ってもよい。

【0030】なお、ステップ 23 および 25 でそれぞれ求めた目標物の距離、相対速度および方位はほぼ一致するはずであり、いずれか一方のみの結果を最終結果とし

6

てもよいし、両方の結果の平均を最終結果としてもよい。

【0031】また、左右方向の認識精度を一層高めるために、ステップ 26 のあとに目標物の距離、上下左右の方向を用いて、上側素子アンテナ #1、3、5、7 と下側素子アンテナ #2、4、6、8 の間の上下方向のずれ量 Δy の影響を信号処理にてキャンセルし、全素子アンテナ #1 ~ #8 を用いて改めて DBF 合成を行い、その結果に基づく距離、相対速度および方位を最終結果としてもよい。

【0032】図 3 は本発明の第 2 の実施形態を示す構成図である。この実施形態によるレーダ装置 30 はスイッチ群 31 を備え、左右方向の DBF 合成処理のときと上下方向の位相モノパルス処理のときとで、受信アンテナ 1 の各素子アンテナとミキサ部 34 との接続を切り換える。

【0033】スイッチ群 31 は、各素子アンテナ #1 ~ #8 にそれぞれ接続する 8 個の可動接点と、各可動接点に 2 個ずつ対応する 16 個の固定接点とを有する。スイッチ群 31 は 2 つの切換状態をとり、図示のように各可動接点がそれぞれ左側の固定接点に接続している状態を第 1 接続状態とし、逆に右側の固定接点に接続している状態を第 2 接続状態とする。接続状態の切り換えは、信号処理部 5 からの信号に従って行われる。

【0034】第 1 接続状態では、素子アンテナ #1 と #2、#3 と #4、#5 と #6、#7 と #8 がそれぞれ接続されて各ミキサ 34-1 ~ 34-4 の入力端子に接続される。したがって、受信アンテナ 1 は実質的に左右方向に 4 チャンネルのアンテナとなる。この状態で、信号処理部 5 は 4 チャンネルの各受信信号を利用して DBF 合成を行い、その結果を利用して目標物の距離、相対速度および左右方向方位 (角度) を演算する。

【0035】一方、第 2 接続状態では、上側の素子アンテナ #1、#3、#5、#7 が共通に接続され、下側の素子アンテナ #2、#4、#6、#8 が共通に接続される。これにより、受信アンテナ 1 は 2 つの素子アンテナが実質的に上下に配列されたものとなり、信号処理部 5 は上下のそれぞれの素子アンテナ群からの受信信号を用いて位相モノパルス方式で目標物の上下方向の角度を検出することができる。

【0036】図 4 は本発明の第 3 実施形態であるレーダ装置を示す構成図である。受信アンテナ 41 は、左右方向に配列された 8 個素子アンテナで構成されている点で第 1 実施形態の受信アンテナ 1 と同様である。しかし、第 1 実施形態の受信アンテナ 1 では、各素子アンテナが上下方向に交互にずれていたが、この実施形態の受信アンテナ 41 では、左端の素子アンテナ #1 と右端の素子アンテナ #8 のみが他の素子アンテナ #2 ~ #7 に対して上方に Δy だけずれている。

【0037】このレーダ装置では、素子アンテナ #1 ~

＃ 8 を用いて左右方向に D B F 合成を行い、目標物の距離、相対速度および左右方向方位を検出する。また、素子アンテナ＃ 7 および＃ 8 による第 1 の斜め方向（角度 $\theta 1$ ）における目標物の角度、および素子アンテナ＃ 1 および＃ 2 による第 2 の斜め方向（角度 $\theta 2$ ）における目標物の角度をそれぞれ位相モノパルス方式で検出し、2 つの検出結果から目標物の上下方向の角度を求めるものである。

【 0 0 3 8 】 つぎに、図 5 を用いて目標物の上下方向の角度の求め方について説明する。図 5 は、目標物 T を x y z 三次元直交座標空間に配置した様子を示す。x 方向 *

$$W H 1 = L \times \sin \theta (X)$$

$$W H 2 = L \times \sin \theta (Y)$$

で表すことができる。第 1 斜め方向および第 2 斜め方向についての角度 $\theta (X)$ 、 $\theta (Y)$ は位相モノパルス処理により得ることができ、距離 L は左右方向に関する D B F 合成により既に得られているので、上記 (7) 式から目標物 T の変位 W H 1 および W H 2 を求めることができる。

※

$$W = (W H 1 / \sin \theta 1 - W H 2 / \sin \theta 2) / (1 / \tan \theta 1 - 1 / \tan \theta 2)$$

$$H = (W H 1 / \cos \theta 1 - W H 2 / \cos \theta 2) / (1 / \tan \theta 1 - 1 / \tan \theta 2)$$

… (8)

で表すことができるので、この式に上記 (7) 式で求めた変位 W H 1 および W H 2 を代入することにより、目標物 T の左右方向の位置 W および上下方向の位置 H をそれぞれ ★

$$\theta y = \sin^{-1} (H / L)$$

で求められる。このように、第 1 斜め方向および第 2 斜め方向に関する目標物の角度をそれぞれ位相モノパルス方式で求めることにより、上下方向の角度を検出する ☆

$$\theta x = \sin^{-1} (W / L)$$

で求めることができる。D B F 合成により検出した目標物の左右方向の方位をこの θx と比較することにより、D B F 合成における誤検知を知ることができ、検知精度の向上を図ることができる。

【 0 0 4 3 】 図 6 は本発明の第 4 実施形態のレーダ装置を示す構成図である。第 3 実施形態とは、受信アンテナ内の素子アンテナの配列が相違するだけである。すなわち、第 3 実施形態（図 4 参照）では、2 つの素子アンテナ＃ 1 および＃ 8 が他の素子アンテナに対して上方にずれていたが、この実施形態では 1 つの素子アンテナ＃ 2

のみが上方にずれている。

【 0 0 4 4 】 左右方向の D B F 合成は全素子アンテナ＃ 1 ～ 8 を用いて行い、上下方向の角度検出は、素子アンテナ＃ 1 と＃ 2 による第 1 斜め方向の位相モノパルスによる角度と、素子アンテナ＃ 2 と＃ 3 による第 2 斜め方向の位相モノパルスによる角度とから第 3 実施形態と同様の方法で上下方向の角度を検出できる。

【 0 0 4 5 】 第 2 および第 4 実施形態では、目標物の上下方向の角度を検出するために、2 つの斜め方向における位相モノパルスを行っているが、斜め方向角度 $\theta 1$ ま

*がこのレーダ装置 4 0 の左右方向に対応し、y 方向が上下方向に対応し、z 方向の正の向きが前方となる。また、図 4 の第 1 斜め方向が x y 平面上の X 軸、第 2 斜め方向が x y 平面状の Y 軸にそれぞれ対応する。

【 0 0 3 9 】 目標物 T までの距離を L、第 1 斜め方向すなわち X 方向における目標物 T の z 軸を基準とする角度を $\theta (X)$ 、第 2 斜め方向すなわち Y 方向における目標物 T の z 軸を基準とする角度を $\theta (Y)$ とすると、第 1 斜め方向および第 2 斜め方向における目標物 T のそれぞれの変位 W H 1 および W H 2 は、

… (7)

※【 0 0 4 0 】 つぎに、この変位 W H 1 および W H 2 を用いて y 軸方向すなわち上下方向の角度を求める。第 1 斜め方向の x 軸に対する角度を $\theta 1$ 、第 2 斜め方向の y 軸に対する角度を $\theta 2$ とすると、目標物 T の左右方向の位置 W、上下方向の位置（高さ）H は、

★それぞれ求めることができる。

【 0 0 4 1 】 位置 W および H が求まれば、y 軸方向すなわち上下方向における目標物 T の角度 θy は、

… (9)

☆とができる。

【 0 0 4 2 】 なお、同時に、x 軸方向すなわち左右方向における目標物 T の角度 θx も、

… (10)

たは $\theta 2$ は任意に設定することができ、極端な例として、いずれかを零にして式 (7) (8) (9) を適用してもよい。すなわち、2 種類の位相モノパルスを行うにあたり、いずれか一方は左右方向についての角度を求めるものでもよい。

【 0 0 4 6 】 ところで、第 1、第 3 および第 4 実施形態において、上下にずれた素子アンテナを含めて D B F 合成する場合には、素子アンテナの上下のずれ量 Δy を考慮する必要がある。第 1 実施形態では、たとえば、下側素子アンテナ＃ 2、＃ 4、＃ 6、＃ 8 の信号を補正して上側素子アンテナ＃ 1、＃ 3、＃ 5、＃ 7 に合わせればよい。そこで、以下に素子アンテナの上下方向のずれ量 Δy を補正した後の左右方向の電氣的位相差 $d \phi x$ の求め方を説明する。

【 0 0 4 7 】 上下左右のずれ量を含んだ電氣的位相差を $d \phi$ 、送信波の波長を λ 、目標物 T までの距離を L、目標物 T の左右方向の位置を W、上下方向の位置を H とすると、素子アンテナの上下方向のずれ量 Δy の電氣的位相差への変換値 $d \phi y$ は、

$$\begin{aligned}
 d\phi_y &= (L - L(1 - (2H\Delta y - \Delta y^2)/L^2)^{1/2}) \times 2\pi/\lambda \\
 &\approx (\Delta y(2H - \Delta y)/2L) \times 2\pi/\lambda \quad \dots (11)
 \end{aligned}$$

で求められる。

【0048】そして、左右方向の電氣的位相差 $d\phi_x$ は *

$$d\phi_x \approx d\phi - d\phi_y \quad \dots (12)$$

で求めることができるので、この式を用いて DBF 合成を行えば、素子アンテナの一部が上下にずれていても、全素子アンテナを用いて左右方向の正確な方位を検出することができる。

【0049】図 7 は本発明の第 5 実施形態の FM-CW レーダ装置を示す構成図である。このレーダ装置 70 では、受信アンテナ 71 は左右方向に配列された素子アンテナ群 72 と上下方向に配列された素子アンテナ群 73 とを備えている。信号処理部 5 では、素子アンテナ群 72 からの信号を用いて DBF 合成することにより左右方向にアンテナビームを走査すると共に、素子アンテナ群 73 からの信号を用いて DBF 合成することにより上下方向にアンテナビームを走査する。

【0050】図 8 はこの信号処理部における処理手順を示すフローチャートである。まず、受信アンテナ 71 を構成する各素子アンテナ（チャンネル）からの受信信号に基づくビート信号を入力して FFT 処理を行い、素子アンテナ毎のビート信号周波数（位相情報を含む）を検出する（ステップ 81）。つぎに、素子アンテナ群 72 を構成する各素子アンテナに対応するビート信号周波数から左右方向を DBF 合成し、目標物の距離、相対速度、左右方向の方位（角度と幅）を演算する（ステップ 82）。

【0051】ついで、素子アンテナ群 73 を構成する各素子アンテナに対応するビート信号周波数から上下方向を DBF 合成し、目標物の距離、相対速度、上下方向の方位（角度と幅）を演算する（ステップ 83）。

【0052】最後に、ステップ 82 で検出された目標物とステップ 83 で検出された目標物の距離と相対速度を比較し、いずれも一致しているもの同士を同一の目標物であると判断し、その目標物の上下左右の方位を対応付けする（ステップ 84）。

【0053】このとき、上下・左右の各方向において距離と相対速度がいずれも等しい目標物がそれぞれ複数存在する場合は、上下方向について検出された目標物と左右方向について検出された目標物とを 1 対 1 に対応付けることができない。

【0054】図 9 は、距離・相対速度が一致した目標物であって、上下方向について検出された目標物と左右方向について検出された目標物がそれぞれ 2 個ある場合の対応付けを示す図である。上下方向において目標物 91 および 92 が検出され、左右方向において目標物 93 および 94 が検出され、これらの距離および相対速度がすべて等しいとすると、実際の目標物が上下左右の 2 次元空間の位置 95 および 96 にあるのか、位置 97 および

*近似的に、

98にあるのが判別できない。

【0055】そこで、本実施形態では、このような場合には反射パワーを利用して対応付けする。図 10 はこの点を明確にした信号処理部 5 のフローチャートであり、図 8 のフローチャートをさらに詳細に示したものである。

【0056】各素子アンテナの受信信号をダウンコンバートして得られたビート信号を入力し、FFT 処理を行う（ステップ 101）。ついで、DBF 合成による左右方向の角度検出および上下方向の角度検出を行う（ステップ 102、103）。

【0057】つぎに、上下・左右方向の検出結果に基づいて、同一距離および同一相対速度のペアを検出し（ステップ 104）、ペアが 1 組か否かを判断する（ステップ 105）。

【0058】ペアが 1 組であればペアリングは確定しステップ 101 に戻る。図 9 に示すようにペアが 1 組でなければ、まず、前回処理における検出結果との対応を考慮する（ステップ 106）。

【0059】いま、初回の処理とすると、前回処理結果が存在しないので、ステップ 108 に移行する。ステップ 108 では、反射パワーの大きい順に対応付けすなわちペアリングを行い、上下・左右の組み合わせを確定させる。図 9 の例では、上下に関しては、検出目標物 91 の反射パワーが検出目標物 92 の反射パワーよりも大きく、左右に関しては検出目標物 93 の反射パワーが検出目標物 94 の反射パワーよりも大きい。そこで、反射パワーの大きい順にペアリングを行うと、上下検出目標物 91 と左右検出目標物 93 が対応し、上下検出目標物 92 と左右検出目標物 94 とが対応する。すなわち、目標物の上下左右の二次元空間位置は、位置 98、97 として確定する。

【0060】判断ステップ 106 において、前回処理の結果が存在する場合には、ステップ 107 に移行して、前回処理で対応付けができていない目標物を優先的に対応付けして、目標物の上下左右の二次元空間位置を確定させる。

【0061】その後、ステップ 108 に移行して、前回処理で対応付けができなかった目標物について反射パワー順に対応付けを行い、目標物の上下左右の二次元空間位置を確定させる。

【0062】以上の処理により、上下・左右方向について同一距離、同一相対速度の目標物が複数検出された場合でも上下、左右のペアリングが可能となり、目標物の上下左右の二次元空間方位を検出できる。

11

【0063】なお、上下方向については高い分解能が要求されないような場合には、素子アンテナ群73を上下に配列した2つの素子アンテナで構成するだけでもよい。その場合は、上下方向角度については位相モノパルスによる検出となる。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーダ装置によれば、受信アンテナを構成する左右方向に配列された複数の素子アンテナの一部を上下にずらしたり、上下方向に配列された素子アンテナを左右方向に配列された素子アンテナとは別に設けたりすることにより、目標物の上下方向の方位を所望の角度範囲で検出することができる。すなわち、上下のずれ量あるいは上下の配列間隔を必要に応じて小さく設定できるので上下方向の検出角度範囲を十分に広くとることができる。

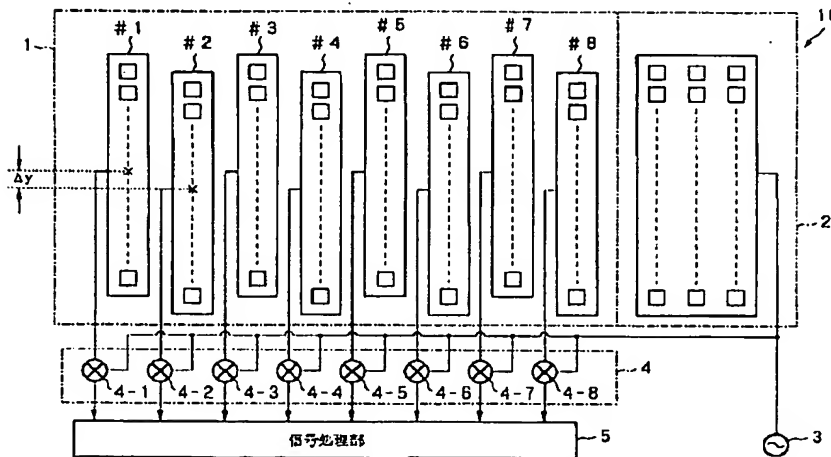
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態であるレーダ装置を示す構成図。

【図2】その信号処理部での処理手順を示すフローチャート。

20

【図1】



12

【図3】本発明の第2実施形態であるレーダ装置を示す構成図。

【図4】本発明の第3実施形態であるレーダ装置を示す構成図。

【図5】目標物の三次元空間上の位置を示す図。

【図6】本発明の第4実施形態であるレーダ装置を示す構成図。

【図7】本発明の第5実施形態であるレーダ装置を示す構成図。

10 【図8】その信号処理部での処理手順を示すフローチャート。

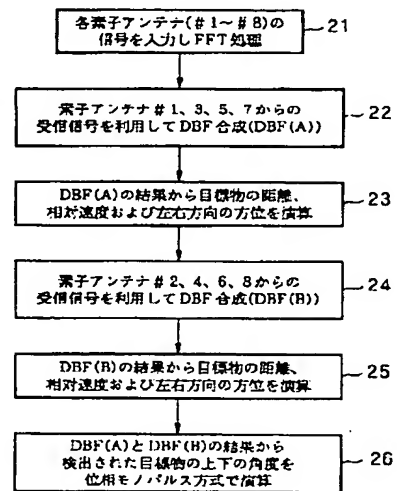
【図9】目標物が複数存在する場合の様子を示す図。

【図10】信号処理部での詳細処理手順を示すフローチャート。

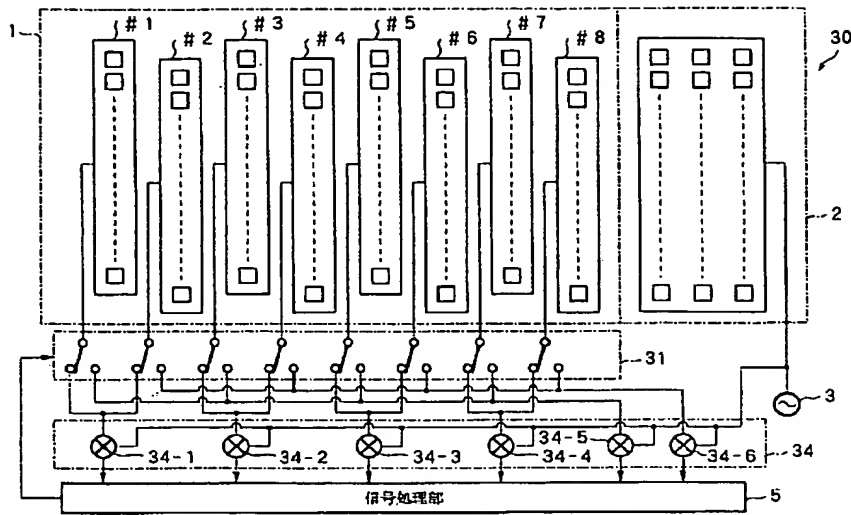
【符号の説明】

1、41、61、71…受信アンテナ、2…送信アンテナ、3…電圧制御型発振器、4…ミキサ群、5…信号処理部、10、30、40、60、70…レーダ装置、#1～#8…素子アンテナ。

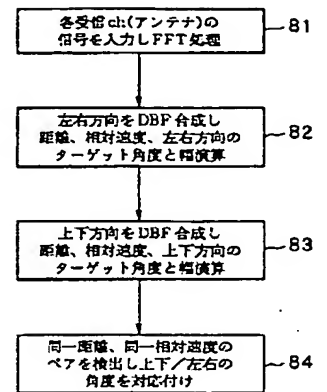
【図2】



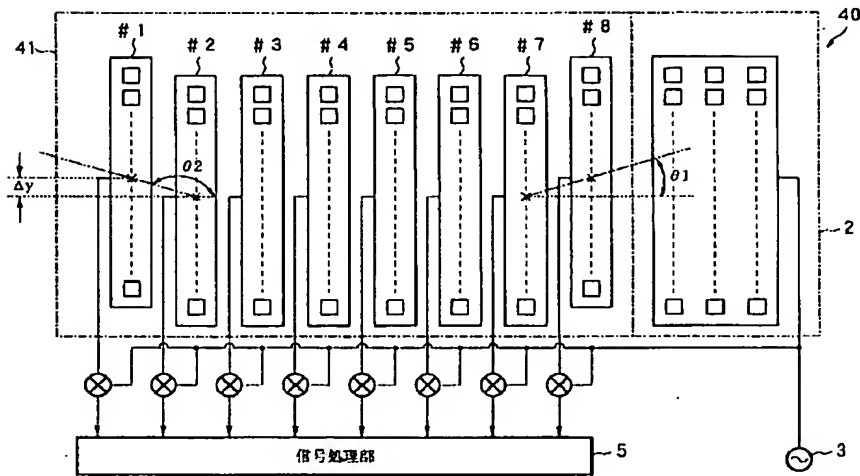
【図 3】



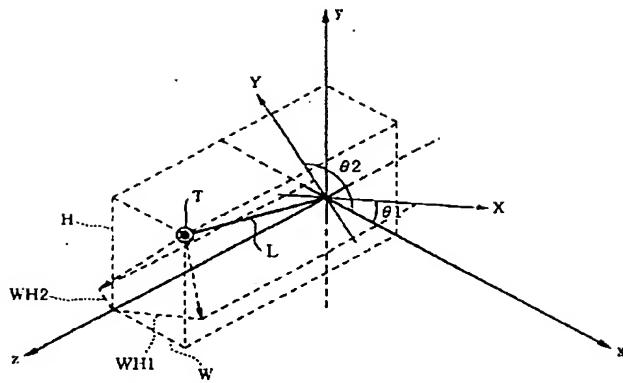
【図 8】



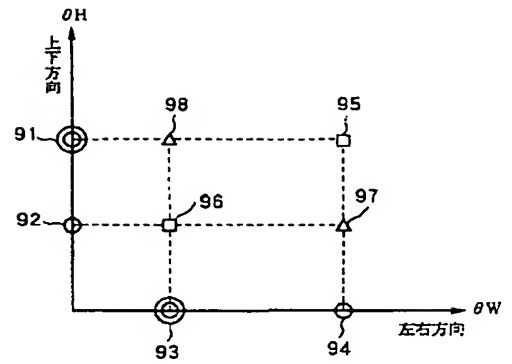
【図 4】



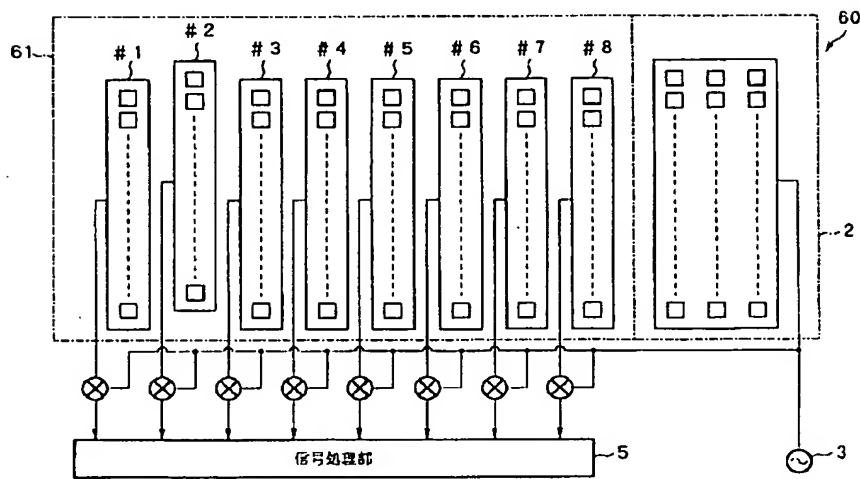
【図 5】



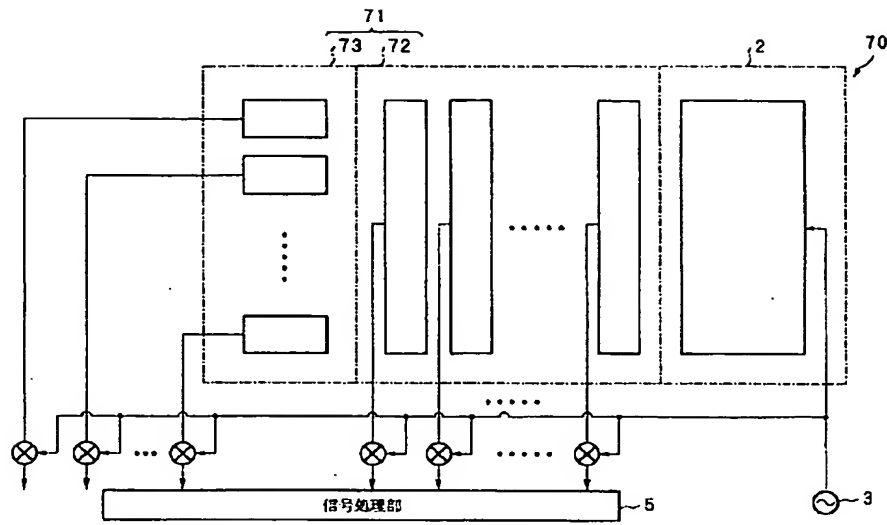
【図 9】



【図 6】



【図7】



【図10】

